

PAT-NO: JP02002094158A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002094158 A

TITLE: OPTICAL AMPLIFIER

PUBN-DATE: March 29, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
AGATA, AKIRA	N/A
EDAKAWA, NOBORU	N/A
SUZUKI, MASATOSHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KDDI SUBMARINE CABLE SYSTEMS INC	N/A

APPL-NO: JP2000284452

APPL-DATE: September 20, 2000

INT-CL (IPC): H01S003/10, H01S003/06 , H01S003/094 , H04B010/17 , H04B010/16

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve excitation efficiency and to shorten an EDF for an L band.

SOLUTION: Exciting light outputted by an exciting light source 24 is made incident on the EDF 20 through a WDM optical coupler 22 and excites the EDF 20. C band light before amplification is made incident on the EDF 20 from an input/output port 12 through the ports A and B of an optical circulator 18, optically amplified there and outputted from an output port 14 to the outside. The EDF 20 not only amplifies a C band by 0.98  $\mu\text{m}$  exciting light but also generates the ASE light of a 1.55  $\mu\text{m}$  band. Components to the port B of the optical circulator 18 within the 0.98  $\mu\text{m}$  exciting light not fully absorbed in the EDF 20 and the ASE light generated in the EDF 20 are made incident on the port B of the optical circulator 18 and supplied from the port C to the EDF 16. L band light inputted from the outside to an input port 10 is made incident on the EDF 16 and optically amplified there. The optically amplified L band light is transferred through the ports C and A of the optical circulator 18 to the input/output port 12.

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-94158

(P2002-94158A)

(43) 公開日 平成14年3月29日 (2002.3.29)

(51) IntCl <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 S 3/10		H 0 1 S 3/10	Z 5 F 0 7 2
3/06		3/06	B 5 K 0 0 2
3/094		3/094	S
H 0 4 B 10/17		H 0 4 B 9/00	J
10/16			

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-284452(P2000-284452)

(22) 出願日 平成12年9月20日 (2000.9.20)

(71) 出願人 595162345

ケイディディアイ海底ケーブルシステム株式会社

東京都新宿区西新宿3丁目7番1号

(72) 発明者 縣 亮

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディディ研究所内

(72) 発明者 枝川 登

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディディ研究所内

(74) 代理人 100090284

弁理士 田中 常雄

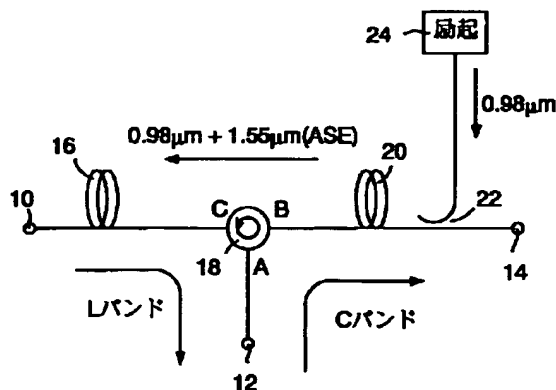
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 光増幅装置

## (57) 【要約】

【課題】 励起効率を改善すると共に、Lバンド用EDFを短くする。

【解決手段】 励起光源24の出力する励起光は、WDM光カップラ22を介してEDF20に入射し、EDF20を励起する。増幅前のCバンド光は入出力ポート12から光サーキュレータ18のポートA、Bを介してEDF20に入射し、ここで光増幅され、出力ポート14から外部に出力される。EDF20は、0.98 $\mu$ m励起光によりCバンドを増幅するだけでなく、1.55 $\mu$ m帯のASE光も発生する。EDF20で吸収しきれなかった0.98 $\mu$ m励起光及びEDF20で発生したASE光の内の光サーキュレータ18のポートBに向かう成分が、光サーキュレータ18のポートBに入射し、そのポートCからEDF16に供給される。外部から入力ポート10に入力するLバンド光は、EDF16に入射し、ここで光増幅される。光増幅されたLバンド光は、光サーキュレータ18のポートC、Aを介して入出力ポート12に転送される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1バンド光(C)及び第2バンド光(L)を増幅する光増幅装置であって、当該第1バンド光(C)を増幅する第1の光増幅媒体(20)と、当該第2バンド光(L)を増幅する第2の光増幅媒体(16)と、第1、第2及び第3のポートを具備し、当該第1のポートの入力光を当該第2のポートから出力し、当該第2のポートの入力光を当該第3のポートから出力し、当該第3のポートの入力光を当該第1のポートから出力する光サーキュレータ(18)であって、当該第2のポートに当該第1の光増幅媒体(20)の一端が接続し、当該第3のポートに当該第2の光増幅媒体(16)の一端が接続する光サーキュレータ(18)と、励起光源(24)と、当該励起光源(24)の出力光を当該第1の光増幅媒体(20)の他端から当該第1の光増幅媒体に導入すると共に、当該第1の光増幅媒体(20)の他端から出力される当該第1バンド光を透過する光カップラ(22)とを具備し、増幅前の当該第1バンド光が、当該光サーキュレータの当該第1のポートに入力し、増幅前の当該第2バンド光が当該第2の光増幅媒体(16)の他端から当該第2の光増幅媒体(16)に入力し、増幅後の当該第2バンド光が当該光サーキュレータの当該第1のポートから出力されることを特徴とする光増幅装置。

【請求項2】 第1バンド光(C)及び第2バンド光(L)を増幅する光増幅装置であって、当該第1バンド光(C)を増幅する第1の光増幅媒体(20)と、当該第2バンド光(L)を増幅する第2の光増幅媒体(16)と、第1、第2、第3及び第4のポートを具備し、当該第1のポートの入力光を当該第2のポートから出力し、当該第2のポートの入力光を当該第3のポートから出力し、当該第3のポートの入力光を当該第4のポートから出力する光サーキュレータ(18、30)であって、当該第2のポートに当該第1の光増幅媒体(20)の一端が接続し、当該第3のポートに当該第2の光増幅媒体(16)の一端が接続する光サーキュレータと、励起光源(24)と、当該励起光源(24)の出力光を当該第1の光増幅媒体(20)の他端から当該第1の光増幅媒体に導入すると共に、当該第1の光増幅媒体(20)の他端から出力される当該第1バンド光を透過する光カップラ(22)とを具備し、増幅前の当該第1バンド光が、当該光サーキュレータの当該第1のポートに入力し、増幅前の当該第2バンド光が当該第2の光増幅媒体(16)の他端から当該第2の光増幅媒体(16)に入力し、増幅後の当該第2バンド光が当該光サーキュレータの第4のポートか

ら出力されることを特徴とする光増幅装置。

【請求項3】 更に、当該光カップラ(22)を透過する当該第1バンド光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第1の光アイソレータ(38)と、当該光サーキュレータの当該第4のポートに接続し、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第2の光アイソレータ(34)とを具備する請求項2に記載の光増幅装置。

【請求項4】 更に、入力光を当該第1バンド光(C)と当該第2バンド光(L)に分離し、分離した当該第1バンド光を当該光サーキュレータの当該第1のポートに供給し、分離した当該第2バンド光を当該第2の光増幅媒体(16)の他端から当該第2の光増幅媒体(16)に供給する光分波器(42)と、当該光カップラ(22)を透過する当該第1バンド光と、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される当該第2バンド光を合波する光合波器(44)とを具備する請求項2に記載の光増幅装置。

【請求項5】 更に、当該光カップラ(22)と当該光合波器(44)の一方の入力との間に配置され、当該光カップラを透過する当該第1バンド光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第1の光アイソレータ(38)と、当該光サーキュレータの当該第4のポートと当該光合波器(44)の他方の入力との間に配置され、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第2の光アイソレータ(34)とを具備する請求項4に記載の光増幅装置。

【請求項6】 当該第1バンド光がCバンド光であり、当該第2バンド光がLバンド光である請求項1乃至5の何れか1項に記載の光増幅装置。

【請求項7】 当該第2の光増幅媒体は、当該励起光源から出力され第1の光増幅媒体で吸収されなかった当該励起光、及び、当該第1の光増幅媒体で発生するASE光により励起される請求項1乃至5の何れか1項に記載の光増幅装置。

【請求項8】 第1バンド光(C)及び第2バンド光(L)を増幅する光増幅装置であって、当該第1バンド光(C)を増幅する第1の光増幅媒体(120)と、当該第2バンド光(L)を増幅する第2の光増幅媒体(116)と、第1、第2及び第3のポートを具備し、当該第1のポートの入力光を当該第2のポートから出力し、当該第2のポートの入力光を当該第3のポートから出力し、当該第3のポートの入力光を当該第1のポートから出力する光

サーキュレータ(118)であって、当該第3のポートに当該第2の光増幅媒体(116)の一端が接続する光サーキュレータと、

励起光源(124)と、

当該励起光源(124)の出力光を当該光サーキュレータ(118)の第2のポートからの光と合波して、当該第1の光増幅媒体(120)の一端から当該第1の光増幅媒体(120)に導入すると共に、当該第1の光増幅媒体(120)の当該一端から出力される所定波長光を当該光サーキュレータ(118)の第2のポートに供給する光カップラ(122)とを具備し、増幅前の当該第1バンド光(C)が、当該光サーキュレータの当該第1のポートに入力し、増幅前の当該第2バンド光が当該第2の光増幅媒体(116)の他端から当該第2の光増幅媒体(116)に入力し、増幅後の当該第2バンド光が当該光サーキュレータの当該第1のポートから出力され、増幅後の当該第1バンド光が、当該第1の光増幅媒体(120)の他端から出力されることを特徴とする光増幅装置。

【請求項9】 第1バンド光(C)及び第2バンド光(L)を増幅する光増幅装置であって、

当該第1バンド光(C)を増幅する第1の光増幅媒体(120)と、

当該第2バンド光(L)を増幅する第2の光増幅媒体(116)と、

第1、第2、第3及び第4のポートを具備し、当該第1のポートの入力光を当該第2のポートから出力し、当該第2のポートの入力光を当該第3のポートから出力し、当該第3のポートの入力光を当該第4のポートから出力する光サーキュレータ(18, 30)であって、当該第3のポートに当該第2の光増幅媒体(116)の一端が接続する光サーキュレータと、

励起光源(124)と、

当該励起光源(124)の出力光を当該光サーキュレータ(18, 30)の第2のポートからの光と合波して、当該第1の光増幅媒体(120)の一端から当該第1の光増幅媒体(120)に導入すると共に、当該第1の光増幅媒体(120)の当該一端から出力される所定波長光を当該光サーキュレータ(18, 30)の第2のポートに供給する光カップラ(122)とを具備し、増幅前の当該第1バンド光(C)が、当該光サーキュレータの当該第1のポートに入力し、増幅前の当該第2バンド光が当該第2の光増幅媒体(116)の他端から当該第2の光増幅媒体(116)に入力し、増幅後の当該第2バンド光が当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力され、増幅後の当該第1バンド光が、当該第1の光増幅媒体(120)の他端から出力されることを特徴とする光増幅装置。

【請求項10】 更に、

当該第1の光増幅媒体(120)の他端から出力される

当該第1バンド光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第1の光アイソレータ(38)と、

当該光サーキュレータの当該第4のポートに接続し、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第2の光アイソレータ(34)とを具備する請求項9に記載の光増幅装置。

【請求項11】 更に、

入力光を当該第1バンド光(C)と当該第2バンド光(L)に分離し、分離した当該第1バンド光を当該光サーキュレータの当該第1のポートに供給し、分離した当該第2バンド光を当該第2の光増幅媒体(116)の他端から当該第2の光増幅媒体(116)に供給する光分波器(42)と、

当該第1の光増幅媒体(120)の当該他端から出力される当該第1バンド光と、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される当該第2バンド光を合波する光合波器(44)とを具備する請求項9に記載の光増幅装置。

【請求項12】 更に、

当該第1の光増幅媒体(120)の当該他端と当該光合波器(44)の一方の入力との間に配置され、当該第1の光増幅媒体(120)の当該他端から出力される当該第1バンド光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第1の光アイソレータ(38)と、

当該光サーキュレータの当該第4のポートと当該光合波器(44)の他方の入力との間に配置され、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第2の光アイソレータ(34)とを具備する請求項11に記載の光増幅装置。

【請求項13】 当該第1バンド光がCバンド光であり、当該第2バンド光がLバンド光である請求項8乃至12の何れか1項に記載の光増幅装置。

【請求項14】 当該第2の光増幅媒体は、当該励起光源から出力される励起光により当該第1の光増幅媒体で発生するASE光により励起される請求項8乃至12の何れか1項に記載の光増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光増幅装置に関し、より具体的には、CバンドとLバンドの両方を増幅可能な広帯域の光増幅装置に関する。

【0002】

【従来の技術】波長多重光伝送の分野では、従来のCバンド(1.52乃至1.57 $\mu$ m帯)に加えて、Lバンド(1.57乃至1.60 $\mu$ m帯)の利用が検討されている。そのための広帯域光増幅器が、米国特許第6049417号公報及び第6049418号公報に記載されている。その広帯域光増幅器では、光サーキュレータ及

びCバンドの反射器により、入射光をCバンドとLバンドに分け、それぞれを別個に光増幅した後、光サーキュレータ及びCバンドの反射器により、合波する。

【0003】また、光サーキュレータ及び反射器の代わりに、CバンドとLバンドを分離する分波フィルタを使用する構成も知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来例では、基本的に、Cバンドの光増幅器とLバンドの光増幅器を並列に配置した構成になっている。即ち、波長分離器と波長合波器の間に設けた2つの光パスのそれぞれに、光増幅媒

体、光アイソレータ、ポンプ光源、及び当該ポンプ光源の出力光を光増幅媒体に導く光カップラを配置する。従って、従来例では、多くの部品、特に2つのポンプ光源が必要であり、規模も大きくなる。

【0005】Lバンドの増幅では、 $0.98\mu\text{m}$ 又は $1.48\mu\text{m}$ で励起する場合、この励起光で生成される $1.55\mu\text{m}$ ASE光により、Lバンドを増幅する順位に電子を励起するという2段階励起構造をとる。従って、 $1.55\mu\text{m}$ ASE光の発生とそれによりLバンドの励起のためにCバンド用に比べて長いエルビウム添加光ファイバを必要とする。Cバンド用のエルビウム添加光ファイバは約10m程度であるのに対して、Lバンド用のエルビウム添加光ファイバは約100m以上である。このようにLバンドの光増幅には長いエルビウム添加光ファイバを必要とするので、偏波モード依存性(PMD)に基づく信号劣化が避けられない。Lバンドのノイズ指数(NF)が劣化するという問題点もある。

【0006】本発明は、より少ない部品点数で実現できる広帯域の光増幅器を提示することを目的とする。

【0007】本発明はまた、より高い効率でCバンド及びLバンドを増幅できる光増幅装置を提示することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光増幅装置は、第1バンド光(C)及び第2バンド光(L)を増幅する光増幅装置であって、当該第1バンド光(C)を増幅する第1の光増幅媒体(20)と、当該第2バンド光(L)を増幅する第2の光増幅媒体(16)と、第1、第2及び第3のポートを具備し、当該第1のポートの入力光を当該第2のポートから出力し、当該第2のポートの入力光を当該第3のポートから出力し、当該第3のポートの入力光を当該第1のポートから出力する光サーキュレータ(18)であって、当該第2のポートに当該第1の光増幅媒体の一端が接続し、当該第3のポートに当該第2の光増幅媒体の一端が接続する光サーキュレータと、励起光源(24)と、当該励起光源(24)の出力光を当該第1の光増幅媒体(20)の他端から当該第1の光増幅媒体に導入すると共に、当該第1の光増幅媒体(20)の他端から出力される当該第1バンド光を透過

する光カップラ(22)とを具備し、増幅前の当該第1バンド光が、当該光サーキュレータの当該第1のポートに入力し、増幅前の当該第2バンド光が当該第2の光増幅媒体(16)の他端から当該第2の光増幅媒体(16)に入力し、増幅後の当該第2バンド光が当該光サーキュレータの当該第1のポートから出力されることを特徴とする。

【0009】本発明に係る光増幅装置はまた、第1バンド光(C)及び第2バンド光(L)を増幅する光増幅装置であって、当該第1バンド光(C)を増幅する第1の光増幅媒体(20)と、当該第2バンド光(L)を増幅する第2の光増幅媒体(16)と、第1、第2、第3及び第4のポートを具備し、当該第1のポートの入力光を当該第2のポートから出力し、当該第2のポートの入力光を当該第3のポートから出力し、当該第3のポートの入力光を当該第4のポートから出力する光サーキュレータ(18)であって、当該第2のポートに当該第1の光増幅媒体の一端が接続し、当該第3のポートに当該第2の光増幅媒体の一端が接続する光サーキュレータと、励起光源(24)と、当該励起光源(24)の出力光を当該第1の光増幅媒体(20)の他端から当該第1の光増幅媒体に導入すると共に、当該第1の光増幅媒体(20)の他端から出力される当該第1バンド光を透過する光カップラ(22)とを具備し、増幅前の当該第1バンド光が、当該光サーキュレータの当該第1のポートに入力し、増幅前の当該第2バンド光が当該第2の光増幅媒体(16)の他端から当該第2の光増幅媒体(16)に入力し、増幅後の当該第2バンド光が当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力されることを特徴とする。

【0010】好ましくは、本発明に係る光増幅装置は更に、当該光カップラ(22)を透過する当該第1バンド光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第1の光アイソレータ(38)と、当該光サーキュレータの第4のポートに接続し、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第2の光アイソレータ(34)とを具備する。これにより、戻り光を排除できる。

【0011】好ましくは、本発明に係る光増幅装置は更に、入力光を当該第1バンド光(C)と当該第2バンド光(L)に分離し、分離した当該第1バンド光を当該光サーキュレータの当該第1のポートに供給し、分離した当該第2バンド光を当該第2の光増幅媒体(16)の他端から当該第2の光増幅媒体(16)に供給する光分波器(42)と、当該光カップラ(22)を透過する当該第1バンド光と、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される当該第2バンド光を合波する光合波器(44)とを具備する。これにより、第1バンド光及び第2バンド光を含む入力光を、バンド毎に増幅し、増幅された第1バンド光及び第2バンド光を合波して出力

することができる。

【0012】好ましくは、本発明に係る光増幅装置は更に、当該光カップラ(22)と当該光合波器の一方の入力との間に配置され、当該光カップラを透過する当該第1バンド光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第1の光アイソレータ(38)と、当該光サーキュレータの当該第4のポートと当該光合波器の他方の入力との間に配置され、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第2の光アイソレータ(34)とを具備する。これにより、戻り光を排除できる。

【0013】好ましくは、当該第1バンド光がCバンド光であり、当該第2バンド光がLバンド光である。

【0014】好ましくは、当該第2の光増幅媒体は、当該励起光源から出力され第1の光増幅媒体で吸収されなかった当該励起光、及び、当該第1の光増幅媒体で発生するASE光により励起される。これにより、励起効率、特に、第2の光増幅媒体に対する励起効率を改善でき、第2の光増幅媒体の長さを短縮できる。

【0015】本発明に係る光増幅装置はまた、第1バンド光(C)及び第2バンド光(L)を増幅する光増幅装置であって、当該第1バンド光(C)を増幅する第1の光増幅媒体(120)と、当該第2バンド光(L)を増幅する第2の光増幅媒体(116)と、第1、第2及び第3のポートを具備し、当該第1のポートの入力光を当該第2のポートから出力し、当該第2のポートの入力光を当該第3のポートから出力し、当該第3のポートの入力光を当該第1のポートから出力する光サーキュレータ(118)であって、当該第3のポートに当該第2の光増幅媒体(116)の一端が接続する光サーキュレータと、励起光源(124)と、当該励起光源(124)の出力光を当該光サーキュレータ(118)の第2のポートからの光と合波して、当該第1の光増幅媒体(120)の一端から当該第1の光増幅媒体(120)に導入すると共に、当該第1の光増幅媒体(120)の当該一端から出力される所定波長光を当該光サーキュレータ(118)の第2のポートに供給する光カップラ(122)とを具備し、増幅前の当該第1バンド光(C)が、当該光サーキュレータの当該第1のポートに入力し、増幅前の当該第2バンド光が当該第2の光増幅媒体(116)の他端から当該第2の光増幅媒体(116)に入力し、増幅後の当該第2バンド光が当該光サーキュレータの当該第1のポートから出力され、増幅後の当該第1バンド光が、当該第1の光増幅媒体(120)の他端から出力されることを特徴とする。

【0016】本発明に係る光増幅装置はまた、第1バンド光(C)及び第2バンド光(L)を増幅する光増幅装置であって、当該第1バンド光(C)を増幅する第1の光増幅媒体(120)と、当該第2バンド光(L)を増幅する第2の光増幅媒体(116)と、第1、第2、第

3及び第4のポートを具備し、当該第1のポートの入力光を当該第2のポートから出力し、当該第2のポートの入力光を当該第3のポートから出力し、当該第3のポートの入力光を当該第4のポートから出力する光サーキュレータ(18, 30)であって、当該第3のポートに当該第2の光増幅媒体(116)の一端が接続する光サーキュレータと、励起光源(124)と、当該励起光源(124)の出力光を当該光サーキュレータ(18, 30)の第2のポートからの光と合波して、当該第1の光増幅媒体(120)の一端から当該第1の光増幅媒体(120)に導入すると共に、当該第1の光増幅媒体(120)の当該一端から出力される所定波長光を当該光サーキュレータ(18, 30)の第2のポートに供給する光カップラ(122)とを具備し、増幅前の当該第1バンド光(C)が、当該光サーキュレータの当該第1のポートに入力し、増幅前の当該第2バンド光が当該第2の光増幅媒体(116)の他端から当該第2の光増幅媒体(116)に入力し、増幅後の当該第2バンド光が当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力され、増幅後の当該第1バンド光が、当該第1の光増幅媒体(120)の他端から出力されることを特徴とする。

【0017】好ましくは、本発明に係る光増幅装置は更に、当該第1の光増幅媒体(120)の他端から出力される当該第1バンド光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第1の光アイソレータ(38)と、当該光サーキュレータの当該第4のポートに接続し、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第2の光アイソレータ(34)とを具備する。これにより、戻り光を排除できる。

【0018】好ましくは、本発明に係る光増幅装置は更に、入力光を当該第1バンド光(C)と当該第2バンド光(L)に分離し、分離した当該第1バンド光を当該光サーキュレータの当該第1のポートに供給し、分離した当該第2バンド光を当該第2の光増幅媒体(116)の他端から当該第2の光増幅媒体(116)に供給する光分波器(42)と、当該第1の光増幅媒体(120)の当該他端から出力される当該第1バンド光と、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される当該第2バンド光を合波する光合波器(44)とを具備する。これにより、第1バンド光及び第2バンド光を含む入力光を、バンド毎に増幅し、増幅された第1バンド光及び第2バンド光を合波して出力することができる。

【0019】好ましくは、本発明に係る光増幅装置は更に、当該第1の光増幅媒体(120)の当該他端と当該光合波器(44)の一方の入力との間に配置され、当該第1の光増幅媒体(120)の当該他端から出力される当該第1バンド光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第1の光アイソレータ(38)と、当該光サーキュレータの当該第4のポートと当該光合波器(44)

10

20

30

40

50

の他方の入力との間に配置され、当該光サーキュレータの当該第4のポートから出力される光を透過すると共に、逆方向の光伝搬を妨害する第2の光アイソレータ(34)とを具備する。これにより、戻り光を排除できる。

【0020】好ましくは、当該第1バンド光がCバンド光であり、当該第2バンド光がLバンド光である。

【0021】好ましくは、当該第2の光増幅媒体は、当該励起光源から出力される励起光により当該第1の光増幅媒体で発生するASE光により励起される。これにより、単一の励起光源で、第2の光増幅媒体も励起できる。

【0022】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0023】図1は、本発明の第1実施例の概略構成ブロック図を示す。10は増幅前のLバンド光が外部から入力する入力ポート、12は増幅後のLバンド光を外部に出力し、増幅前のCバンド光が外部から入力する入出力ポート、14は増幅後のCバンド光を外部に出力する出力ポートである。入力ポート10はLバンド増幅用のエルビウム添加光ファイバ(EDF)16を介して光サーキュレータ18のポートCに接続する。光サーキュレータ18は、ポートA、B、Cを具備し、ポートAの入力光をポートBから出力し、ポートBの入力光をポートCから出力し、ポートCの入力光をポートAから出力する公知の光素子である。光サーキュレータ18のポートAは入出力ポート12に接続し、光サーキュレータ18のポートBはCバンド増幅用のEDF20及びWDM光カップラ22を介して出力ポート14に接続する。WDM光カップラ22は、励起光源24からの励起光をEDF20に導入する。励起光源24は、本実施例では、0.98 $\mu$ mでレーザ発振するレーザダイオードからなるが、1.48 $\mu$ mのレーザダイオードからなるものでもよい。

【0024】励起光源24の出力する励起光は、WDM光カップラ22を介してEDF20に入射し、EDF20内のエルビウムを、Cバンドを増幅できるように励起する。増幅前のCバンドは入出力ポート12から光サーキュレータ18のポートAに入射し、ポートBから出力されてEDF20に入射する。そのCバンドは、EDF20で光増幅され、WDM光カップラ22を低損失又は無損失で透過し、出力ポート14から外部に出力される。

【0025】EDF20は、0.98 $\mu$ m励起光によりCバンドを増幅するだけでなく、1.55 $\mu$ m帯のASE光も発生する。EDF20で吸収しきれなかった0.98 $\mu$ m励起光及びEDF20で発生したASE光の内の光サーキュレータ18のポートBに向かう成分が、光サーキュレータ18のポートBに入射し、そのポ

ートCからEDF16に供給される。その結果、EDF16には、0.98 $\mu$ m励起光と1.55 $\mu$ m帯のASE光が入射する。

【0026】外部から入力ポート10に入力するLバンド光は、EDF16に入射し、ここで光増幅される。EDF16で光増幅されたLバンド光は、光サーキュレータ18のポートCに入力し、ポートAから入出力ポート12に出力される。

【0027】本実施例では、EDF16には、0.98 $\mu$ m励起光以外に1.55 $\mu$ m帯のASE光も入射するので、0.98 $\mu$ m励起光のみを入射する場合に比べて、効率的にLバンドを増幅できる。すなわち、EDF16の長さを、0.98 $\mu$ m励起光のみを入射する場合よりも短く、例えば、100m以下にすることが可能になる。EDF16が100m以下になることにより、PMDによる信号劣化を低減でき、NFの劣化も低減できる。

【0028】この説明から理解できるように、励起光源24は、EDF20、16の両方を励起するのに十分な光パワーの励起光を出力する。本実施例では、1つの励起光源で済むので、部品点数を少なくできる。

【0029】図2は、入出力ポート12の外側で増幅後のLバンド光と増幅前のCバンドを分離する光サーキュレータを追加した変更実施例の概略構成ブロック図を示す。図1と同じ構成要素には同じ符号を付してある。入出力ポート12の外側で増幅後のLバンド光と増幅前のCバンドを分離することにより、増幅後のLバンド光に対して光アイソレータを配置することができる。図1と同じ構成要素には同じ符号を付してある。

【0030】30は光サーキュレータ18と同様に3つのポートA、B、Cを具備する光サーキュレータである。但し、光サーキュレータ30は、ポートCの入力光をポートAに転送しなくてもよい。光サーキュレータ30のポートAは、増幅前のCバンド光が外部から入力する入力ポート32に接続する。光サーキュレータ30のポートBは光サーキュレータ18のポートAに接続する。光サーキュレータ30のポートCは、増幅後のLバンド光を透過する光アイソレータ34の入力に接続し、光アイソレータ34の出力が、増幅後のLバンド光を外部に出力する出力ポート36に接続する。また、WDM光カップラ22と出力ポート14との間に、増幅後のCバンド光を透過する光アイソレータ38が接続され、光アイソレータ38の入力がWDM光カップラ22に接続し、光アイソレータ38の出力が出力ポート14に接続する。

【0031】追加部分の作用を説明する。EDF16で増幅されたLバンド光は、光サーキュレータ18のポートC、Aを介して光サーキュレータ30のポートBに入射し、そのポートCから光アイソレータ34を透過し、出力ポート36から外部に出力される。

【0032】外部から入力ポート32に入力するCバンド光は、光サーキュレータ30のポートAに入射し、ポートBから光サーキュレータ18のポートAに入射する。光サーキュレータ18のポートAに入射する増幅前のCバンド光は、ポートBから出力され、EDF20に入射して、ここで増幅される。EDF20で増幅されたCバンド光は、WDM光カップラ22及び光アイソレータ38を透過し、出力ポート14から外部に出力される。

【0033】光サーキュレータ18、30を4ポートを具備する単一の光サーキュレータで代替できることは明らかである。

【0034】図1及び図2に示す実施例では、増幅前及び増幅後の両方で、Cバンド光とLバンド光は分離されている。しかし、CバンドとLバンドを併用する広帯域の波長分割多重光伝送システムでは、増幅前及び増幅後の両方で、Cバンド光とLバンド光が多重されているのが好ましい。そのためには、入力ポート10、32の前段に、Cバンド及びLバンドを含む信号光からCバンド光とLバンド光を分離する分離手段を配置し、出力ポート14、36の後段に、増幅後のCバンド光及びLバンド光を合波する合波手段を配置すればよい。

【0035】図3は、そのような分離手段及び合波手段を追加した変更実施例の概略構成ブロック図を示す。

【0036】40はCバンド光及びLバンド光を含む増幅前の信号光が外部から入力する入力ポートである。42は、入力ポート40からの信号光をCバンド光とLバンド光に分離する光分離器であり、分離されたCバンド光を光サーキュレータ30のポートAに供給し、分離されたLバンド光をEDF16に供給する。44は光アイソレータ34から出力される増幅後のLバンド光と、光アイソレータ38から出力される増幅後のCバンド光を合波する光合波器、46は光合波器44による合波光を外部に出力する出力ポートである。

【0037】図2に示す実施例に対する追加部分の作用を説明する。外部から入力ポート40に入力する信号光は、光分離器42に入射し、ここで、Cバンドの成分光とLバンドの成分光に分離される。光分離器42で分離されたCバンド光は、光サーキュレータ30のポートAに入射し、先に説明したようにEDF20で光増幅されて、光アイソレータ38から出力される。また、光分離器42で分離されたLバンド光は、EDF16で光増幅され、先に説明したように光サーキュレータ18、30を介して光アイソレータ34に入力する。光合波器44は、光アイソレータ34から出力される増幅後のLバンド光と、光アイソレータ38から出力される増幅後のCバンド光を合波し、その合波光を出力ポート46に供給する。これにより、増幅後のCバンド光及びLバンド光が一緒に出力ポート46から外部に出力される。

【0038】図3に示す実施例では、光アイソレータ3

4、38を除去し、光合波器44と出力ポート46との間に代わりの光アイソレータを配置してもよいことは明らかである。

【0039】現在、入手可能な光サーキュレータは0.98 $\mu$ mの透過損失が大きい。また、Lバンドの光増幅媒体に大きなパワーの1.55 $\mu$ m光を供給できれば、0.98 $\mu$ m励起光又は1.48 $\mu$ m励起光を必ずしも供給しなくても良い。この観点から、EDF20にCバンド光と同じ伝搬方向で0.98 $\mu$ m（又は、1.48 $\mu$ m）励起光を導入するように、図1に示す実施例で光カップラ22の位置を変更してもよい。その変更例を図4に示す。

【0040】図4に示す実施例の構成を説明する。110は増幅前のLバンド光が外部から入力する入力ポート、112は増幅後のLバンド光を外部に出力し、増幅前のCバンド光が外部から入力する入出力ポート、114は増幅後のCバンド光を外部に出力する出力ポートである。入力ポート10は1Lバンド増幅用EDF116を介して光サーキュレータ118のポートCに接続する。光サーキュレータ118は、ポートA、B、Cを具備し、ポートAの入力光をポートBから出力し、ポートBの入力光をポートCから出力し、ポートCの入力光をポートAから出力する公知の光素子である。光サーキュレータ118のポートAは入出力ポート112に接続し、光サーキュレータ118のポートBはWDM光カップラ122及びCバンド増幅用EDF120を介して出力ポート114に接続する。WDM光カップラ122は、励起光源124からの励起光をEDF120に導入する。励起光源124は、本実施例では、0.98 $\mu$ mでレーザ発振するレーザダイオードからなるが、1.48 $\mu$ mのレーザダイオードからなるものでもよい。

【0041】図4に示す実施例の動作を説明する。励起光源124の出力する励起光は、WDM光カップラ122を介してEDF120に入射し、EDF120内のエルビウムを、Cバンド光を増幅できるように励起する。増幅前のCバンド光は入出力ポート112から光サーキュレータ118のポートAに入射し、ポートBから出力される。WDM光カップラ122は、光サーキュレータ112のポートBからのCバンド光に励起光源124からの励起光を合波してEDF20に供給する。そのCバンド光は、EDF120で光増幅され、出力ポート114から外部に出力される。

【0042】EDF120は、0.98 $\mu$ m励起光によりCバンドを増幅するだけでなく、1.55 $\mu$ m帯のASE光も発生する。EDF120で発生するASE光の内の励起光とは逆方向に伝搬する成分が、WDM光カップラ122を低損失又は無損失で透過して光サーキュレータ118のポートBに入射し、そのポートCからEDF116に供給される。その結果、EDF116には1.55 $\mu$ m帯のASE光が入射する。



13

【0043】外部から入力ポート110に入力するLバンド光は、EDF116に入射し、ここで光増幅される。EDF116で光増幅されたLバンド光は、光サーキュレータ118のポートCに入力し、ポートAから入出力ポート112に出力される。

【0044】本実施例では、EDF116には、EDF120で発生する1.55 $\mu$ m帯のASE光が入射し、これにより、EDF116は、Lバンド光を増幅する。EDF116を効率的に励起できるので、EDF116の長さを、0.98 $\mu$ m励起光のみを入射する場合よりも短くすることが可能になる。EDF116が100m以下になることにより、PMDによる信号劣化を低減でき、NFの劣化も低減できる。

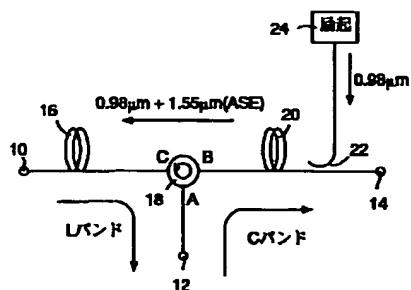
【0045】この説明から理解できるように、励起光源124は、EDF120がCバンド光を増幅するだけでなく、EDF116にLバンド光を増幅させるのに十分なパワーの1.55 $\mu$ m ASE光をEDF120で発生させるのに十分な光パワーの励起光を出力する。本実施例では、1つの励起光源で済むので、部品点数を少なくできる。

【0046】図1に示す実施例を図4に示す実施例のように変更することは、図2及び図3に示す実施例に対しても有効であることは、明らかである。更には、EDF20、120を双方向で励起する構成が、本発明の技術的範囲に含まれることもまた、明らかである。

【0047】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、簡単な構成で複数のバンド光、例えば、Cバンド光とLバンド光を増幅できる。2つのバンドを増幅するのに1つの励起光源で済むので、部品点数、従ってコストを削減できる。一方の光増幅媒体で発生するASE光を別の光増幅媒体を励起するのに使用することにより、後者の光増幅媒体を短くすることができる。これにより、後者の光増幅媒体で増幅されるバンド光の信号劣化を低減でき、NFの劣化を抑制できる。

【図1】



14

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】 本発明の第2実施例の概略構成ブロック図である。

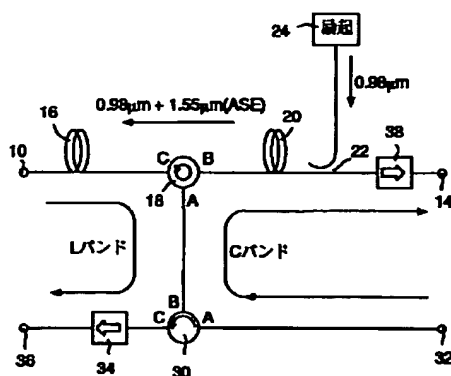
【図3】 本発明の第3実施例の概略構成ブロック図である。

【図4】 図1に示す実施例の変更例である。

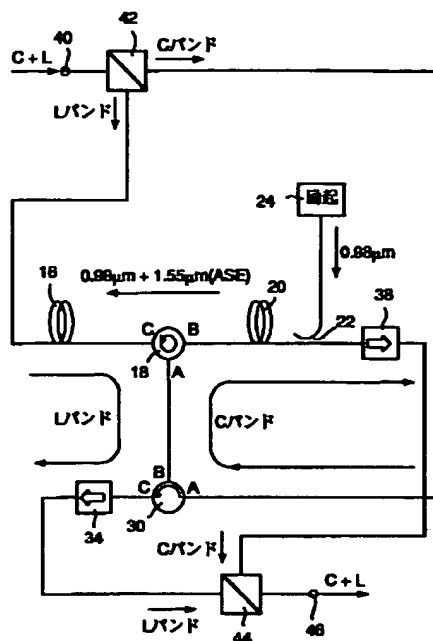
【符号の説明】

- 10：入力ポート
- 12：入出力ポート
- 14：出力ポート
- 16：エルビウム添加光ファイバ (EDF)
- 18：光サーキュレータ
- 20：エルビウム添加光ファイバ (EDF)
- 22：WDM光カップラ
- 24：励起光源
- 30：光サーキュレータ
- 32：入力ポート
- 34：光アイソレータ
- 36：出力ポート
- 38：光アイソレータ
- 40：入力ポート
- 42：光分離器
- 44：光合波器
- 46：出力ポート
- 110：入力ポート
- 112：入出力ポート
- 114：出力ポート
- 116：エルビウム添加光ファイバ (EDF)
- 118：光サーキュレータ
- 120：エルビウム添加光ファイバ (EDF)
- 122：WDM光カップラ
- 124：励起光源

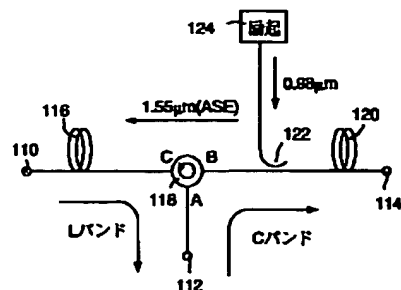
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 正敏  
埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会  
社ケイディディ研究所内

Fターム(参考) 5F072 AB09 AK06 JJ02 KK30 PP07  
RR01 YY17  
5K002 AA06 BA05 BA13 CA13 FA01